因應氣候變遷之甘藷育種及栽培管理策略

賴永昌[1,*]　黃哲倫[1]　羅筱鳳[2]　林冠宏[3]

[1]農業試驗所嘉義分所
[2]台灣大學園藝系
[3]文化大學生技研究所
*通訊作者，E-amil: davidlai@dns.caes.gov.tw

摘 要

甘藷原產熱帶美洲，生長期間需要較高溫度，當種植期間受低溫逆境危害時，甘藷葉長、葉寬、葉柄長、莖長、根長、根直徑及葉數皆顯著降低，而以電子顯微鏡觀察亦發現葉細胞之長及寬、葉柄細胞之長、根細胞之長及寬皆變小。甘藷生長需要適當水分，當水分過多或過少皆影響其生長。當甘藷生育期間遭受淹水危害，其塊根重、塊根個數皆降低，但莖葉重反而增加；另外生育初期遭受淹水逆境，在淹水消退後，甘藷可以逐漸恢復生長；但甘藷生育中期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷仍然無法恢復生長。甘藷生長在乾旱狀態下，其莖葉鮮重、分枝數、葉面積、最大藷直徑、結藷數、藷重及生物產量等皆降低；另外在缺水狀態下，甘藷葉片之淨光合作用速率(Pn)、氣孔導度、蒸散速率、葉片之葉綠素含量降低。甘藷耐鹽力較一般作物強，土壤含鹽量在 0.2-0.4%時，對藷苗之生長影響不大；鹽分爲 0.8%時受害明顯，而鹽分爲 1.6%以上時藷苗無法成活。甘藷種植在高鹽分逆境下，甘藷葉片水勢、相對含水量、 光合速率、蒸散速率、氣孔導度等皆下降；但甘藷葉片細胞間 CO_2 濃度、ABA 含量皆隨著鹽分濃度增加而上升。

因應氣候變遷，甘藷在栽培管理上之策略爲(1)利用生長調節劑控制淹水下之莖葉生長，以提高塊根產量(2)排水處理以降低淹水危害(3)施用鈣肥或 Paclobutrazol 以加強甘藷對低溫及淹水逆境之忍受力。在育種上包含(1)利用野生種作爲雜交親本以選育耐旱品種(2)採用誘變育種以選育耐鹽品種(3)導入耐逆境基等方法選育耐旱、耐鹽、耐低溫及耐熱等性狀之甘藷品種。

前 言

台灣每年夏季經常遭受颱風侵襲，而帶來大量雨水，大部分甘藷田皆被雨水淹沒，

往往造成農民極大損失。以民國 98 年爲例，6 月份及 9 月份遭受蓮花及莫拉克颱風危害，甘藷田受損面積達 1506 公頃，佔總面積之 28%，損失金額爲 104283 仟元；99 年遭受凡那比颱風侵襲，甘藷田受損面積達 252 公頃，佔總面積之 14%，損失金額爲 10689 仟元。故颱風所帶來之淹水危害，爲甘藷最主要天然災害。另外寒害、乾旱及鹽害亦造成台灣甘藷生產之損失，故本文將針對四種主要氣氛災害對台灣甘藷生產之影響，並提出在育種及栽培管理上之改善方法。

氣候變遷對甘藷生育之影響

（一）淹水對甘藷生育之影響

李與高(1985)將甘藷品種台農 57 號、台農 64 號、台農 67 號及沖繩 100 號等種植 1.5 月後分別淹水 0、2、4 及 6 天，發現品種間對淹水處理有明顯差異存在，沖繩 100 號對淹水處理之表現較其他品種差；另外將甘藷品種台農 66 號種植 1.5 月後淹水 6 天處理，並於淹水後第 2、3 及 4 週開始調查農藝性狀之表現，結果發現台農 66 號淹水處理後逐漸恢復生長，但淹水處理之塊根重、塊根直徑、塊根個數皆低於未淹水處理組(對照組)，而淹水處理之莖葉重高於對照組(圖 1)；但淹水處理之莖葉重高於未淹水處理組(圖 2)。

李等(1987)將甘藷品種台農 66 號種植後第 45、100 天分別淹水 6 天，並於淹水處理後第 0、14、28、42、56 天開始調查農藝性狀之表現，結果發現種植後第 45 天淹水 6 天，在淹水處理後甘藷逐漸恢復生長，但淹水處理之塊根重低於對照組，而淹水處理生長後期之塊根個數(圖 3)；反觀甘藷品種台農 66 號種植後第 100 天分別淹水 6 天之處理，在淹水後甘藷生育不再恢復，而淹水處理之塊根重、塊根個數皆低於對照組(圖 4)；但第 45 天及第 100 天淹水處理之莖葉重高於對照組(圖 5)。本試驗顯示甘藷生早育期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷可以逐漸恢復生長；但甘藷生育中期遭受淹水危害，在淹水消退後，甘藷仍然無法恢復生長。

Roberts and Russo(1991)將甘藷品種 Jewel、Shore Gold、Cordner 及 W241 分別於生育中期及採收前淹水 5 天，結果發現採收前淹水處理與未淹水處理之塊根產無明顯差異存在，但生育中期淹水 5 天處理之具商品價值之塊根產量分別在 1989 及 1990 年降低 36%及 53%，而 1 級甘藷產量降低 46%及 57%。Paterson *et.al* (1979)發現淹水 5 公分之甘藷莖葉鮮重、塊根個數及塊根重皆高於淹水 15 公分之處理，而淹水 5 公分之入土第 1、2 及 4 節種苗之塊根個數皆高於淹水 15 公分相同節數之塊根個數，顯示淹水量將抑制甘藷塊根個數之形成(圖 6)。

淹水對甘藷塊根營養成份亦有明顯影響。劉等(1997)發現在甘藷生育中後期淹水，

除了塊根乾物率下降外，部分品種亦有糖份下降之現象。

(二) 低溫對甘藷生育之影響

甘藷生長明顯受溫度影響。李(1994)認爲甘藷原產熱帶美洲，性喜高溫，15℃才發芽生根，最適生長溫度在 20-30℃，10-15℃生長呈休眠狀態，低於 10℃發生寒害。白等(2004)將 24 種甘藷品種於種植 5 週後置於常溫(24/20℃)2 天，然後放置於低溫(7/7℃)5 天，之後回溫(24/20℃)3 天，發現大部分品種皆有頂芽褐化、葉脈黃化、葉緣枯黃、葉片黃化萎凋、莖部褐化等寒害病症，而調查葉片相對含水量、葉綠素含量、丙二醇含量、電解質滲漏與葉綠素螢光等耐寒性指標，發現台農 71 號、沖繩 100 號及金門種較耐寒，而台農 65 號、Satsumahikari、陽明紫心及日本紫心較不耐寒，顯示耐寒程度在品種間亦有所差異。Noh(2009)將甘藷分別將甘藷放置於 12℃及 28℃下 4 週，發現在低溫下生長之甘藷葉長、葉寬、葉柄長、莖長、根長、根直徑及葉數皆顯著降低，而以電子顯微鏡觀察葉、莖及根之細胞，亦發現葉細胞之長及寬、葉柄細胞之長、根細胞之長及寬皆變小，顯示低溫明顯影響甘藷之生長發育。

(三)乾旱對甘藷生育之影響

顏等(1964)甘藷品種在乾旱下之莖葉鮮重、分枝數、葉面積、最大塊根直徑、塊根數、塊根重及生物產量皆低於正常灌溉之處理組(表 1)。周等(2008)發現甘藷品種在乾旱下其淨光合速率、氣孔導度、蒸散速率等皆隨著乾旱時間增加而降低，而細胞間隙之 CO_2 濃度隨著乾旱時間增加降低，但 2-3 天後逐漸增加(圖 8)。

(四)鹽分對甘藷生育之影響

柯與潘(2001)將干甘藷品種浸於 0、85、170、255、及 350 mmol.L-1 之 NaCl 溶液中 6 天，發現相對含水量、水勢、氣孔導度皆隨著 NaCl 濃度增加而降低，而細胞間隙之 CO_2 濃度隨著 NaCl 濃度增加降低，但至 85-170 mmol.L-1 後逐漸增加，但 ABA 含量則隨著 NaCl 濃度增加而增加(圖 9)。而光合速率、蒸散速率及水分利用率皆隨著 NaCl 濃度增加而降低(表 2)。

在育種及栽培管理上之因應策略

(一) 在栽培管理上之因應策略

(1) 利用生長調節劑控制淹水下之莖葉生長，以提高塊根產量

甘藷在淹水狀態下，地上部莖葉生長旺盛，但抑制地下部塊根生長。施(1979)

利用生長調節劑控制莖葉生長，以提高塊根產量，試驗以 300ppm 及 500ppm 之 SADH(succine acid-2.2-dimethyl hydrazide)及 CCC(2-chloroethyl-trimethyl ammonium chloride, cycocel)二種生長調節劑施用台南 18 號及台農 64 號等二甘藷品種，施用時期分別爲種植後第 45 天施用、種植後第 75 天施用及種植後第 45、75 天施用等，結果顯示無論施用 1 次或 2 次生長調節劑，可抑制莖葉產量(表 3,4)，並提高塊根產量(表 5,6)。

(2) 排水處理以降低淹水危害

Akparanta, *et.al*.(1980)將甘藷品種 Centennial、Julian、NC257 等種植於盆栽中，然後浸水 24 小時，24 小時後分別每天排水 5、20、35 及 100 公分，結果發現三品種採收後之塊根，以每天排水 100 公分處理之塊根腐爛率最低(表 6)，顯示甘藷浸水後儘速排水，可減少塊根腐爛率。

(3) 施用鈣肥或巴克素(Paclobutrazol)，以加強甘藷對低溫即淹水逆境之忍受力

鈣肥及巴克素被任爲可保護植物抵抗各種逆境壓力，其中鈣肥主要在逆境壓力下保護細胞膜之完整性，減少膜滲透性及阻止離子流失；而巴克素可強化植物抗氧化防禦系統，及增加自由基清除能力。Lin, *et.al*.(2008)將甘藷品種桃園 2 號、西蒙 1 號及徐藷 18 號分別施用每公頃 0、60、120 及 1580 公斤之鈣肥，並種植 50 天後浸水 2 天，結果發現施用高鈣肥可增加 Catalase、Glitathione reductuctase、Ascorbate peroxidase 及 Superoxide dismutase 等酵素之活性(圖 10)。

Lin, *et.al*.(2006)亦發現施用巴克素可增加甘藷對寒害之抵抗性(表 8)；Lin, *et.al.*(2008)亦發現施用巴克素可增加甘藷在淹水狀態下之 Catalase、Glitathione reductuctase、Ascorbate peroxidase 及 Superoxide dismutase 等酵素之活性(圖 11)。

（三）在育種上之因應策略

(1) 利用野生種作爲雜交親本以選育耐旱品種

郭等(2003)利用甘藷野生種 I. trifida 之後裔 y_2 及 y_6 爲雜交材料，以選拔抗旱品種(表 9)，結果發現以 y_2 及 y_6 爲雜交材料之組合在 F1 及 F2 代之組合皆較具抗旱(表 10,11)。

(2) 採用誘變育種以選育耐鹽品種

Luan, *et.al*.(2007)將甘藷之癒傷組織(Calli)分別以 Ethylmethanesulphonate(EMS)及 200Mm 之 NaCl 處理，以篩選耐鹽之甘藷品系，結果在 0.5% EMS 2 小時及 200Mm 之 NaCl 下選到 ML1 及 ML2 二品系，及 0.5% EMS 2.5 小時及 200Mm 之 NaCl 下選到 ML3 品系，三品系在高濃度鹽分下之莖長、鮮莖重、葉綠素含量及膜通透性皆較對照種佳(表 12)。

王等(2003)將甘藷品種栗子香之懸浮液以 $80G_y$ 之 γray 照射後以 0%-35%之 PEG6000 進行耐旱品系選拔，結果在 20-30%濃度下 PEG6000 可選到耐旱品系(表 13)，且其中 9 個品系之耐旱係數高於對照種(表 14)。

(3) 導入耐逆境基等方法選育耐旱、耐鹽、耐低溫及耐熱等性狀之甘藷品種

Polyamines 被認爲具有抗逆境之作用。Kasukabe, *et.al*.(2006)將帶 Polyamines 之基因轉入甘藷品種，結果發現導入 Polyamines 基因之甘藷莖葉及塊根皆含較高之 Polyamines 含量(圖 12)，且 Polyamines 基因之品系在乾旱、鹽分逆境下之塊根鮮重、塊根個數、澱粉含量及澱粉產量皆較未導入之品系高(表 15,圖 13)。

結 語

甘藷主要經濟部位爲塊根，台灣每年 6-9 月爲颱風季節，此時期爲春作甘藷生育中後期及夏、秋作生育前期，故遭受颱風所帶來之淹水危害，將造成甘藷生產損失，爲台灣甘藷生產主要之氣候災害。近年來因氣候變遷，造成水資源不足，乾旱已變成台灣甘藷栽培另一個影響因子。另外寒害及鹽害目前雖然不嚴重，但未來可能會發生，故仍需要加以注意。本文提供氣候變遷下對甘藷生產之影響，並提供可行之因應方法，希望未來面臨各種逆境下，能夠減少種植甘藷農民之損失。

引用文獻

王玉萍、劉慶昌、李愛賢、翟红、張松束、劉保利。2003。甘藷耐旱突變體的璃體篩選與鍵定。中國農業科學，36（9）：1000 -1005。

施保華。1979。高溫多濕長日季節利用生長調節劑對甘藷生長及塊根產量之影響。中華農學會報 新 122:24-35。

周忠、李楊、馬代夫、孫存淮。2008。乾旱胁迫對甘藷幼苗光合作用的影响。安徽農業科學，36(6) :2215- 2216。

柯玉琴、潘廷國。2001。NaCl 胁迫對甘藷葉片水分代謝、光合速率、ABA 含量之影響。植物營養與肥料學報，7(3):337-343。

郭元章、劉兰服、張松樹、王淑芳。2003。甘藷近缘野生種雜交後代用作抗旱親本的研究。河北農業科學，7(4):13-16。

劉依昌、羅筱鳳、陳榮芳。1997。乾、濕逆境對甘藷葉片蛋白質、過氧化酵素及一些塊根性狀影響之研究。中國園藝，43(2)126-140。

顏振德、朱崇文、盛家廉。1964。甘藷品種的耐旱性及其鑑定方法之研究。作物學報，

3(2):183-194。

Akparanta, S.E.,R.W. Skaggs and Sander. 1980. Drainage requirements for sweet potato at harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105(3)447-451.

Li, L., and C. H. Kao.1985. Stress physiology of sweet potatoes.1 .Flooding effects on sweet potato. J. Agric. Assoc. China New Ser. 132：115-120.

Li, L., and C. H. Kao.1989.Stress physiology of sweet potato. Ⅱ.A reevaluation of flooding effect. J. Assoc. China New Ser.147:28-37.

Lin, K.H., C.C. Tsou. S.Y. Hwang, L.F.O. Chen and H.F. Lo.2008. Paclobutrazol leads to enhanced antioxidative protection of swwet potato under flooding stress. Botanical Studies 49:9-18.

Lin, K.H.,F.H.Pai, S.Y. Hwang and H.F. Lo.2006. Pre-treatment Paclobutrazol enhanced chilling tolerance of sweet potato. Plant Growth Regul. 49:249-262.

Lin, K.H.,Y.K.Chiou, S.Y. Hwang, L.F.O. Chen and H.F. Lo.2008. Calcium choride enhances the antioxidative system of sweet potato(Ipomoea batatas) under flooding stress. Ann. Appl.Biol. 152: 157-168.

Luan, Y.S., J.Zhang, X.R.Gao and L.J.An.2007.Mutation induced by ethylmethanesulphonate (EMS), in vitro screening for salt tolerance and plant regeneration of sweet potato(Ipomoea batatas L) . Plant Cell Tiss. Organ. Cult. 88: 77-81.

Kasukabe Y.,L.He, Y.Watakabe, M.Otani, T.Shimada and S.Tachibana. 2006. Improvement of environmental stress tolerance of sweet potato by introduction of genes for spermidine synthase. Plant Biotechnol. 23:75-83.

Noh, S.A., S.H. Park, G.H. Huh, K.H. Paek,J.S. Shin and J.M. Bae. 2009. Growth retardation and differential regulation of expansion genes in chilling- stressed sweet potato. Plant Biotechnol Rep. 3:75-85.

Paterson, D. R., D. R. Earthart and M.C.Fuqua.1979.Effects of flooding level on storage root formation, ethylene production, and growth of sweet potato. HortScience 14(6):739-740.

Roberts, W, and V.Russo. 1991. Time of flooding and cultivar affect sweet potato yield. HortScience 26(12):1473-1474.

The Breeding and Cultivation Practices of Sweet Potatoes for the Responses of Climates Changes

Y.C. Lai[1,*] J.L. Hwang[1] Hsiao F. Lo[2] Kuan H. Lin[3]

[1]Chiayi AES, ARI, COA, Executive Yuan

[2]National Taiwan University

[3]Chinese Culture University

*corresponding author, E-mail: davidlai@dns.caes.gov.tw

Abstract

Sweet potatoes are originally from South American, and they grow at higher temperatures. If sweet potatoes encounter low temperatures, the growth of leaf length, leaf width, petiole length, root length, root diameter, stem length, and leaf number will be remarkably reduced. The reduction of elongation growth of the epidermal cells in above organs can be observed using a microscope.

Sweet potatoes grow well with appropriate water supply. However, the growth of sweet potato will be affected by flooding or water deficit stress. When sweet potatoes were inflicted by flooding, the root weight and root number were reduced but the shoot weight was increased. If sweet potatoes were inflicted by flooding at the early growing stage, the growth of sweet potato would recover after flooding. If sweet potatoes were inflicted by flooding at the middle growing stage, the growth of sweet potato would not recover after flooding.

When sweet potatoes were under the water deficit stress, the shoot fresh weight, branch number, leaf area, maximum root diameter, root number, root weight, and biological yield would be reduced. Likewise, the net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance, transpiration rate, chlorophyll content of sweet potato leaves would also be reduced.

Sweet potatoes have better soil salinity tolerance than other crops. The growth of sweet potato was not significantly affected with the salt concentration of 0.2-0.4%. If the salt concentration was greater than 0.8%, the growth would be significantly reduced. If th salt concentration was greater than 1.6%, no sweet potatoes could survive. When sweet potatoes were under the salt stress, the water potential, relative water content, photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance, and transpiration rate of sweet potato leaves would be reduced.

But the intercellular CO_2 concentration and ABA content of sweet potato leaves would be increased with the increase of the salt concentration.

To ease the change of climate, the strategies of sweet potato cultivation include (1) Clipping vines or the use of growth regulator reagents to control the yield of vines and increase the yield of tuberous roots during flooding. (2) Using drainage treatment to reduce the damage of sweet potatoes after flooding. (3) Applying calcium chloride or paclobutrazol for improving the flooding and chilling tolerance of sweet potatoes. The breeding strategies are (1) Using wild sweet potato varieties as the drought resistance parent. (2) Using EMS to induce mutation for screening sweet potato varieties with better salt resistance. (3) Using stress tolerant genes to transform sweet potato varieties with the ability of drought, chilling, heat, and salt resistance.

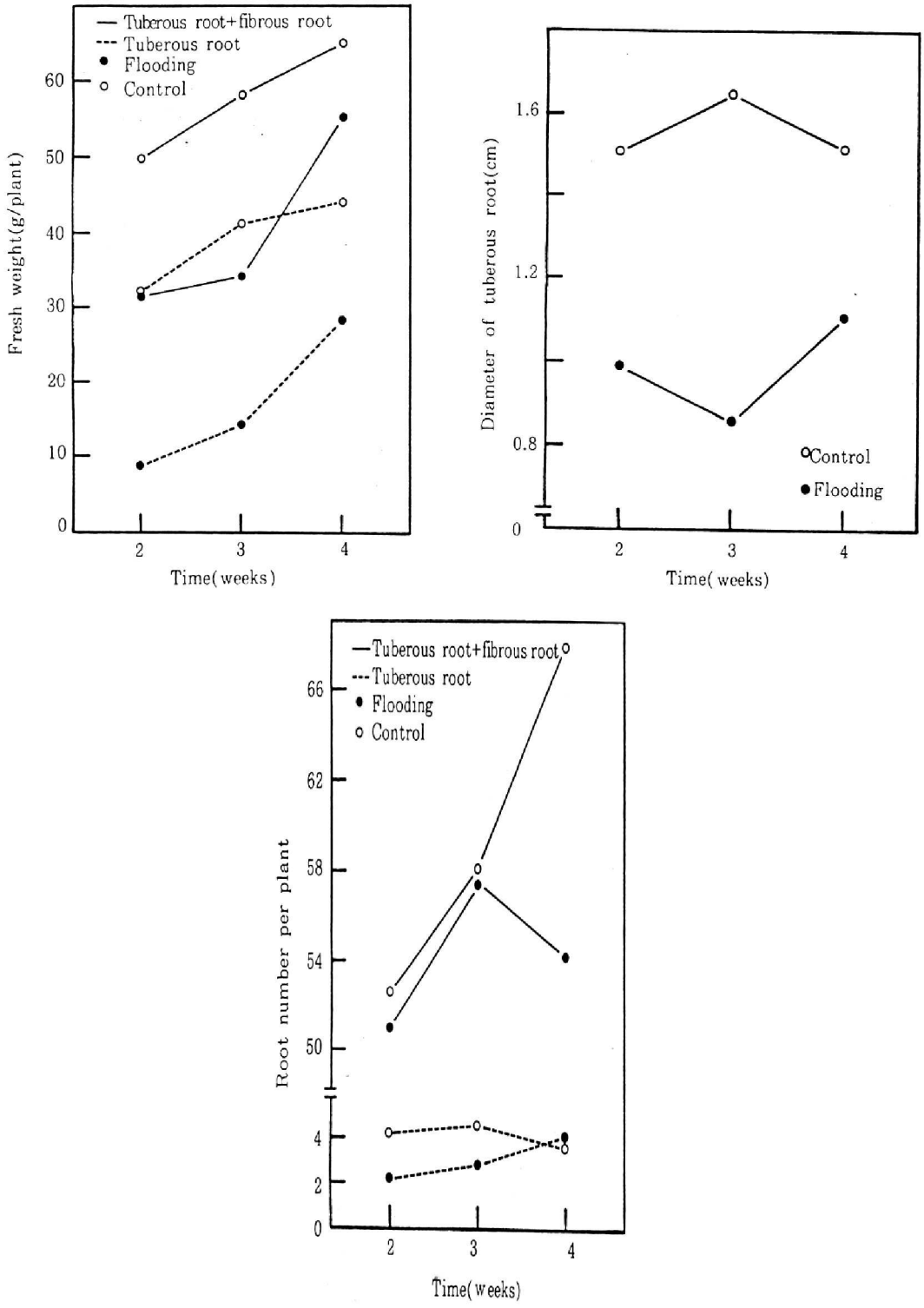

圖 1 台農 66 號在淹水下塊根重、塊根直徑、塊根個數之生育情形

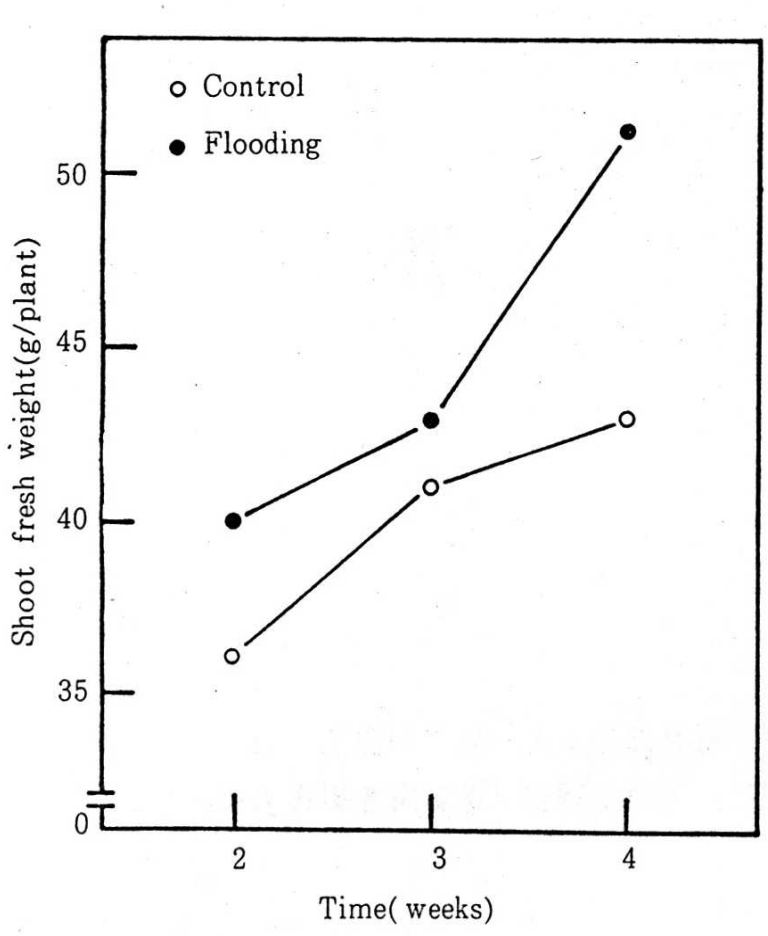

圖 2 台農 66 號在淹水下莖葉重之生育情形

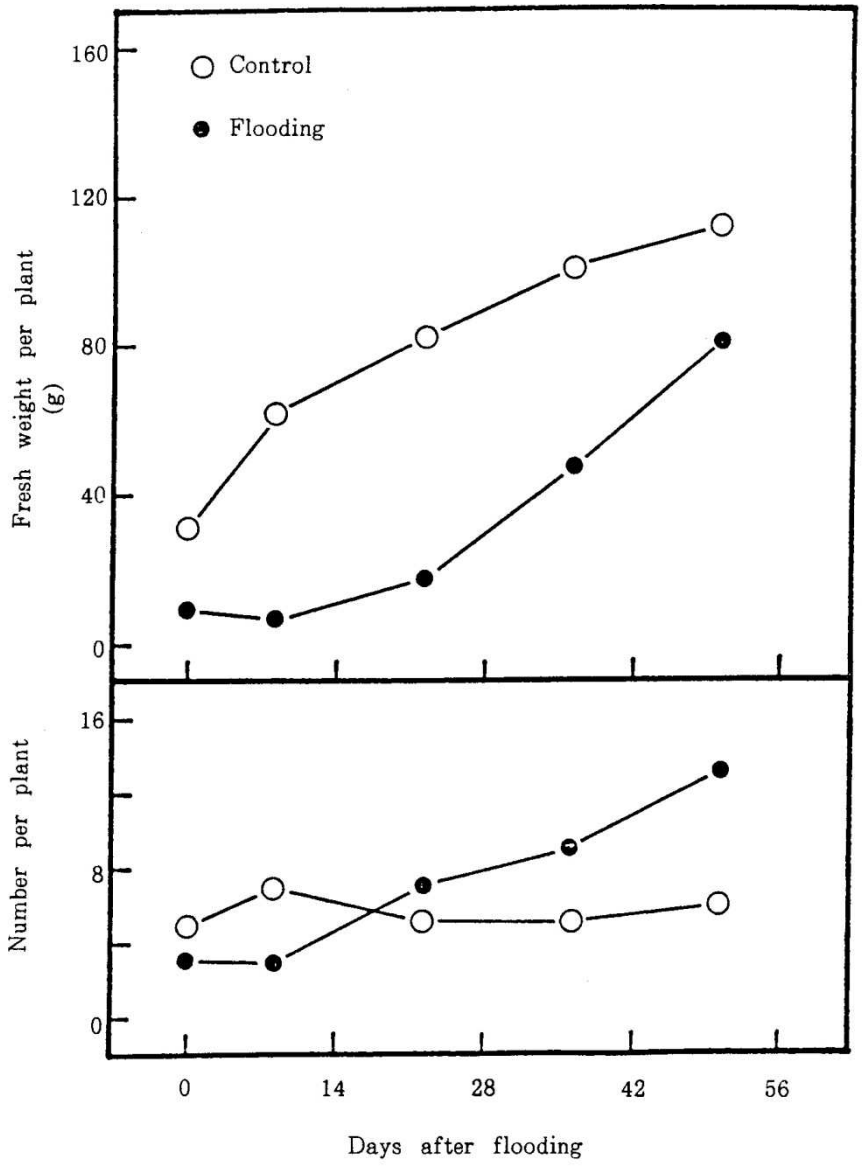

圖 3 台農 66 號種植後第 45 天淹水 6 天塊根重及塊根個數之生育情形

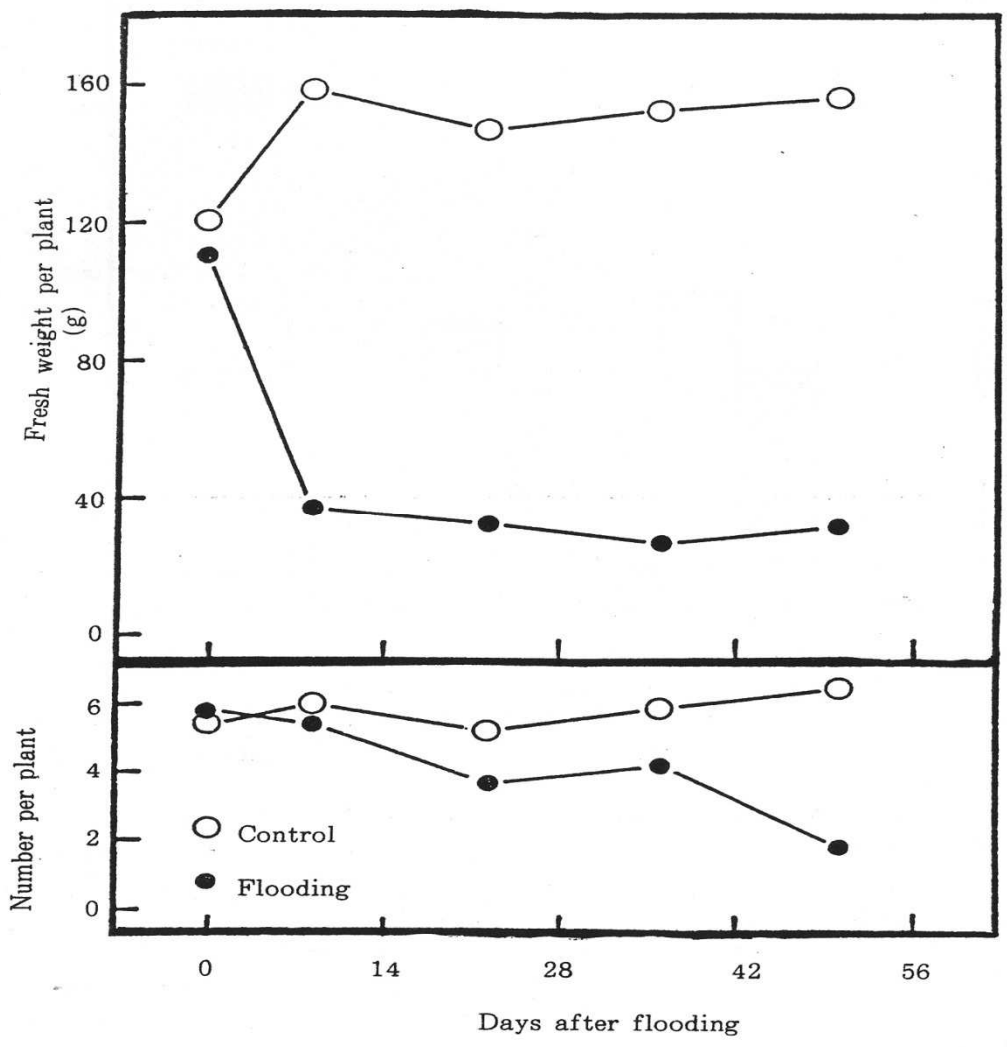

圖 4 台農 66 號在種植後第 100 天淹水 6 天塊根重及塊根個數之生育情形

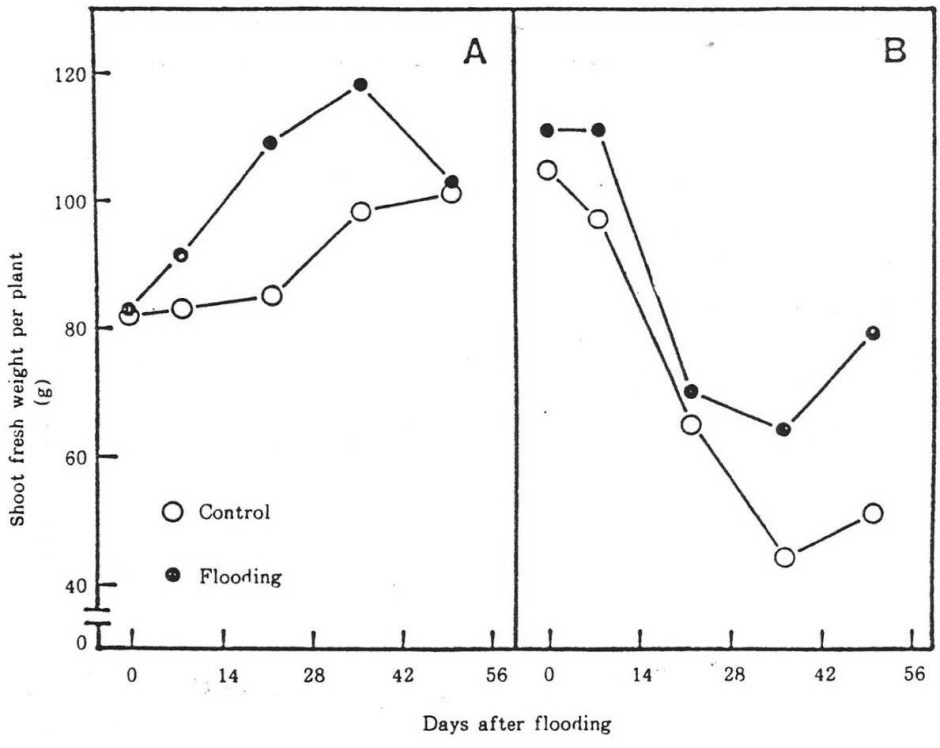

圖 5 台農 66 號在種植後第 45 天及 100 天淹水 6 天莖葉之生育情形

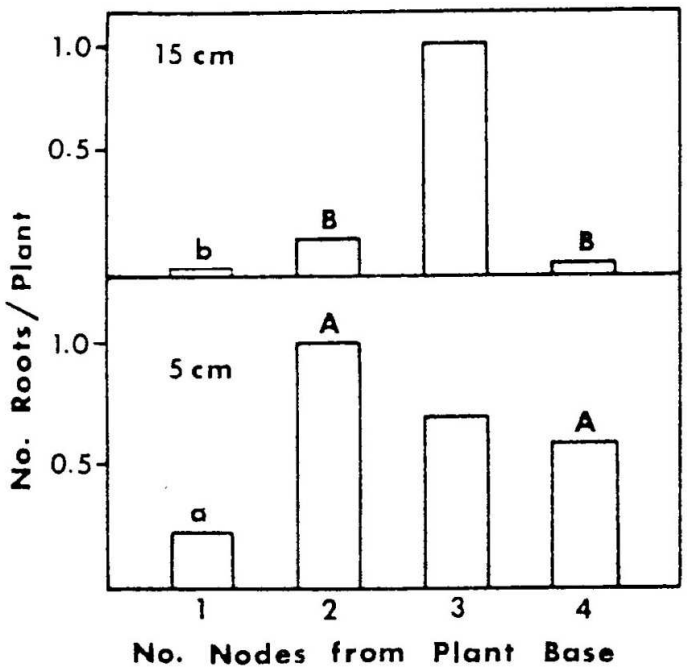

圖 6 淹水後不同節位甘藷塊根生長情形

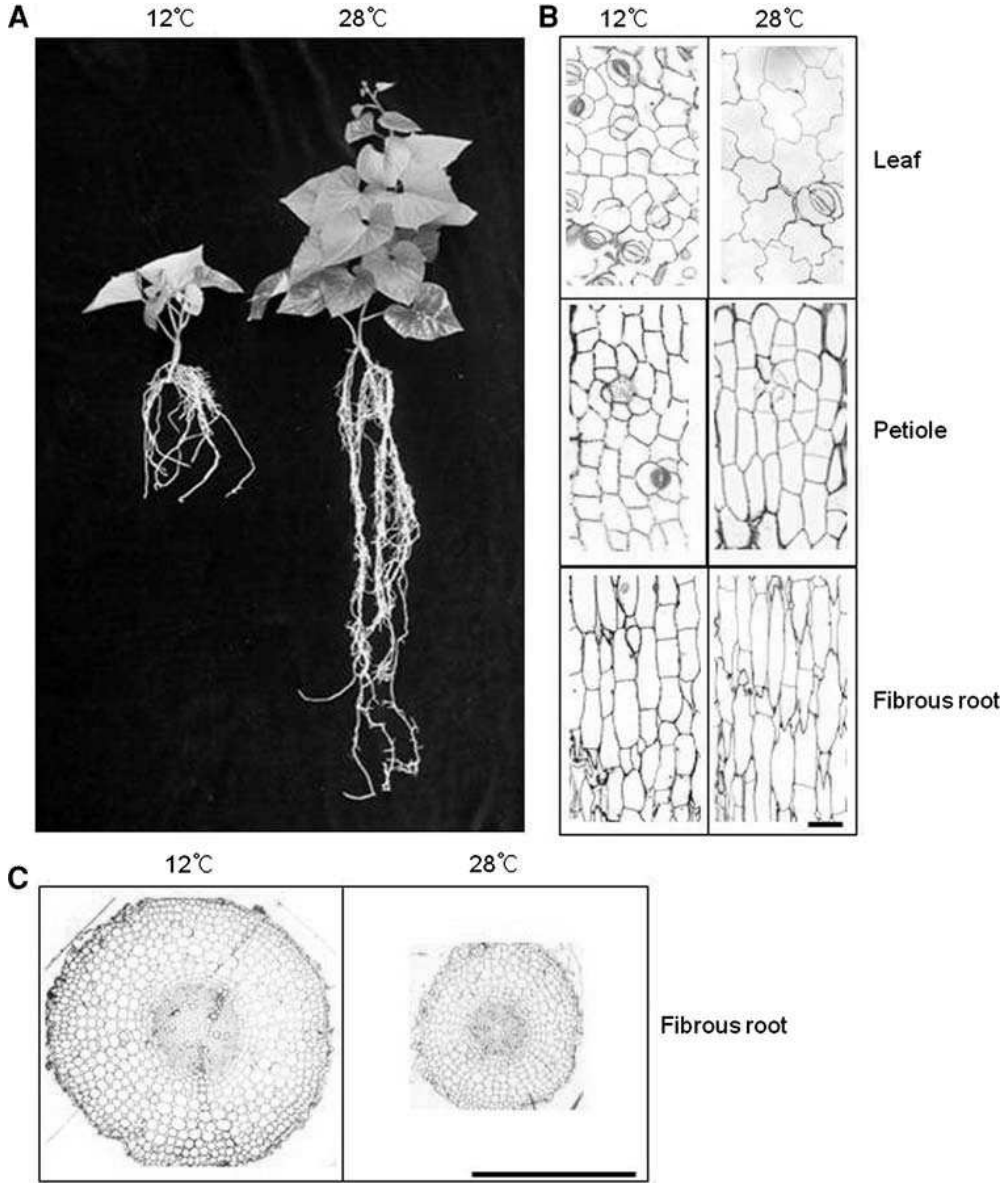

圖 7 甘藷放置於 12℃及 28℃下以電子顯微鏡觀察葉、莖及根之細胞生育情形

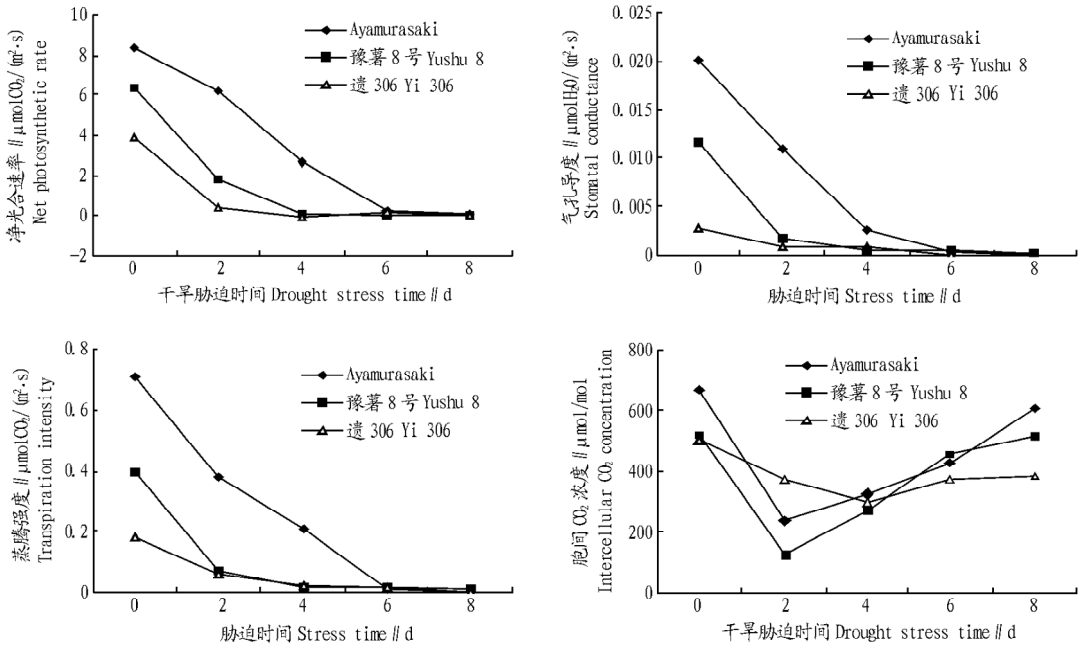

圖 8 在乾旱下甘藷葉片之淨光合速率、氣孔導度、蒸散速率及細胞間隙之 CO2 濃度之表現情形

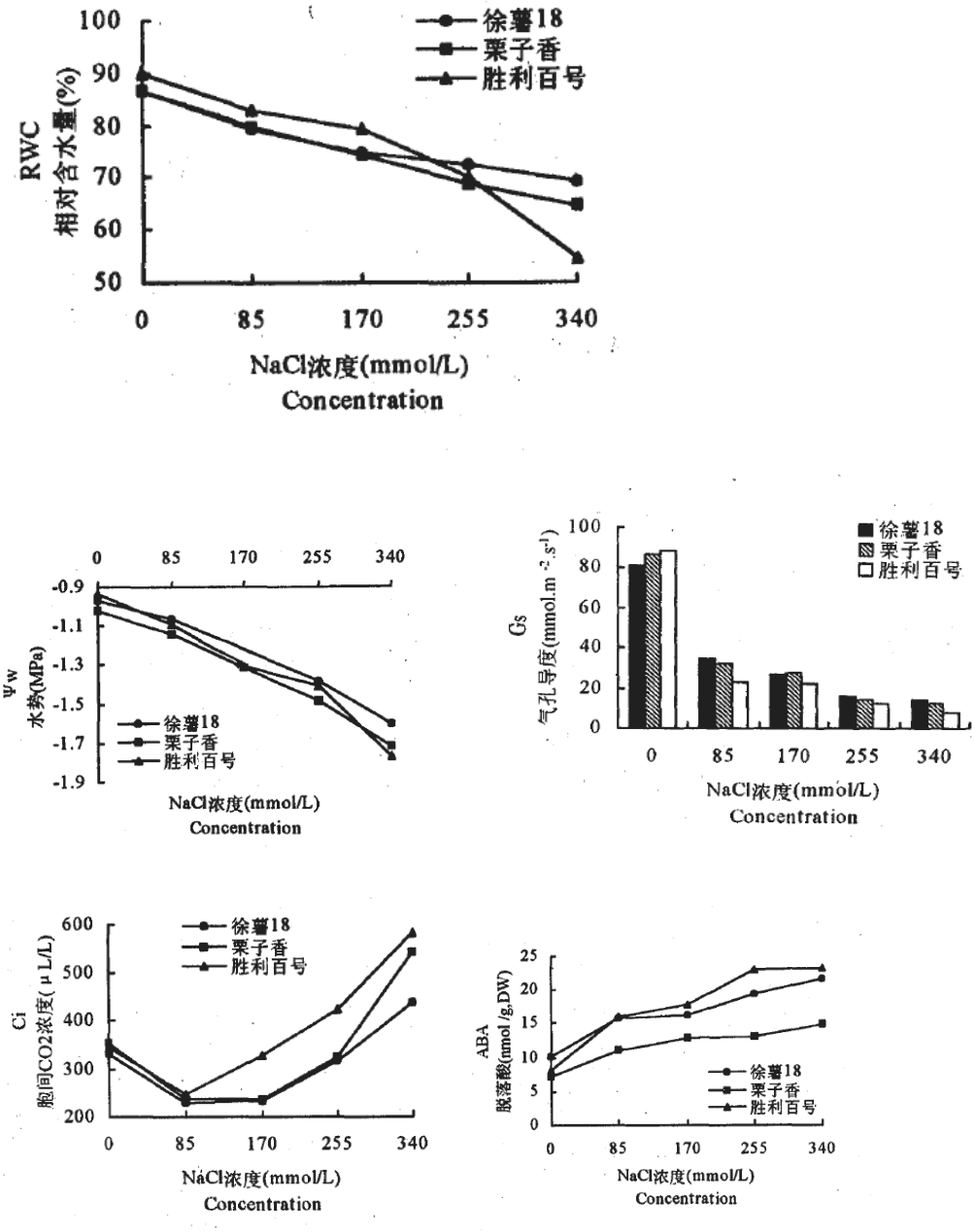

圖 9 甘藷品種在不同鹽分濃度下之相對含水量、水勢、氣孔導度、細胞間隙之 CO_2 濃度及 ABA 含量之表現情形

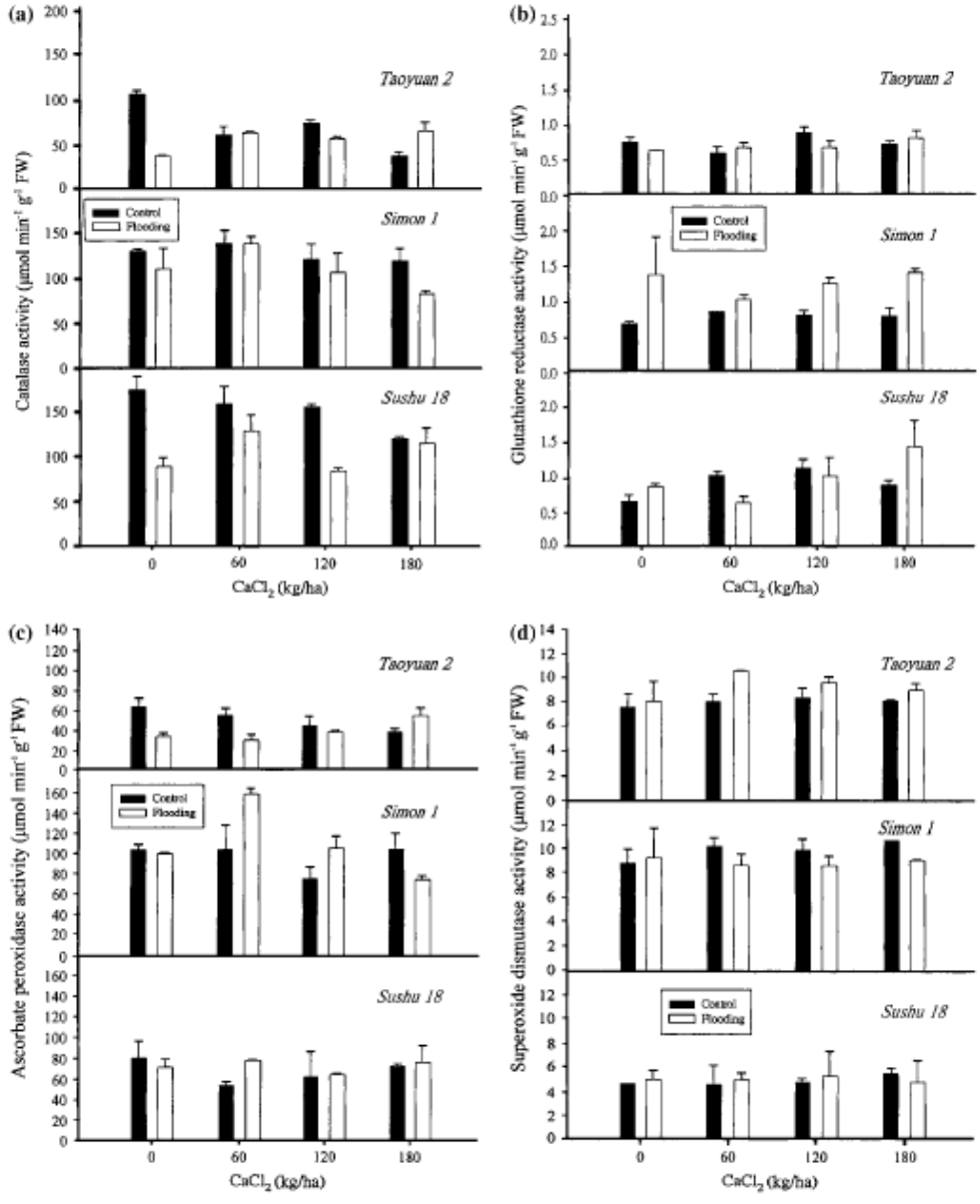

圖 10 施用鈣肥對甘藷所含 4 種酵素活性之影響

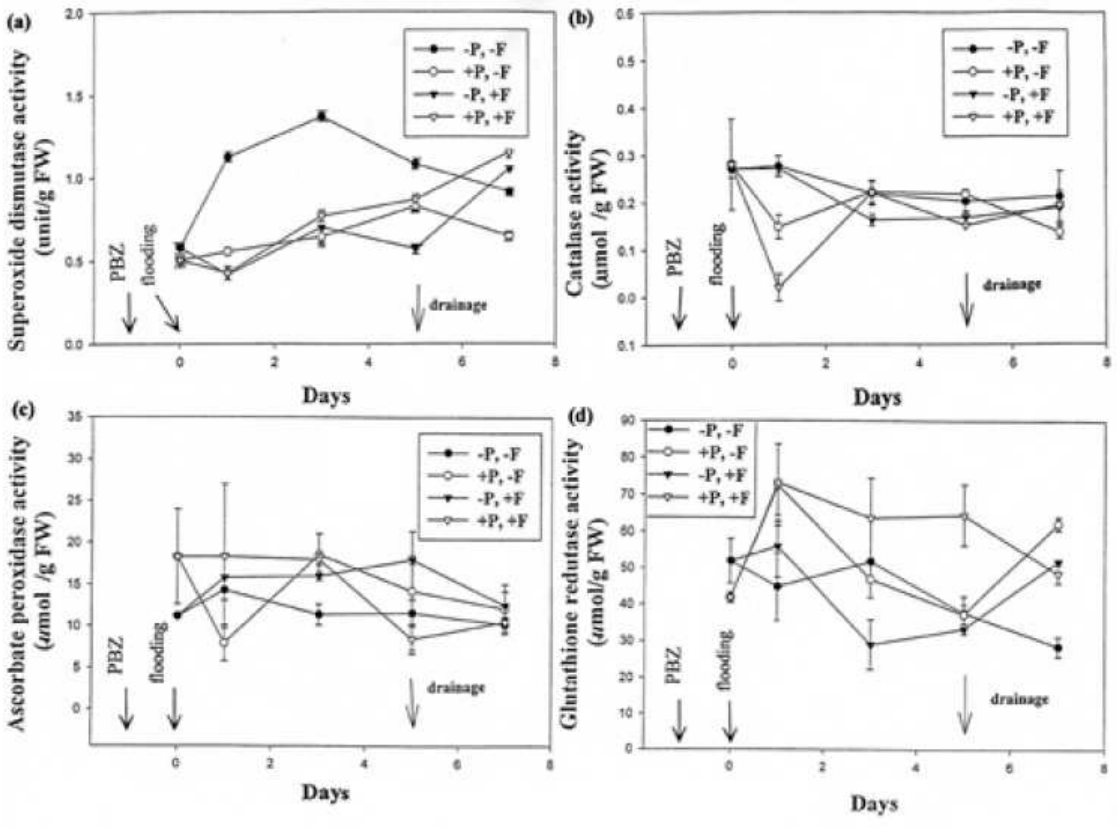

圖 11 施用巴克素對甘藷所含 4 種酵素活性之影響

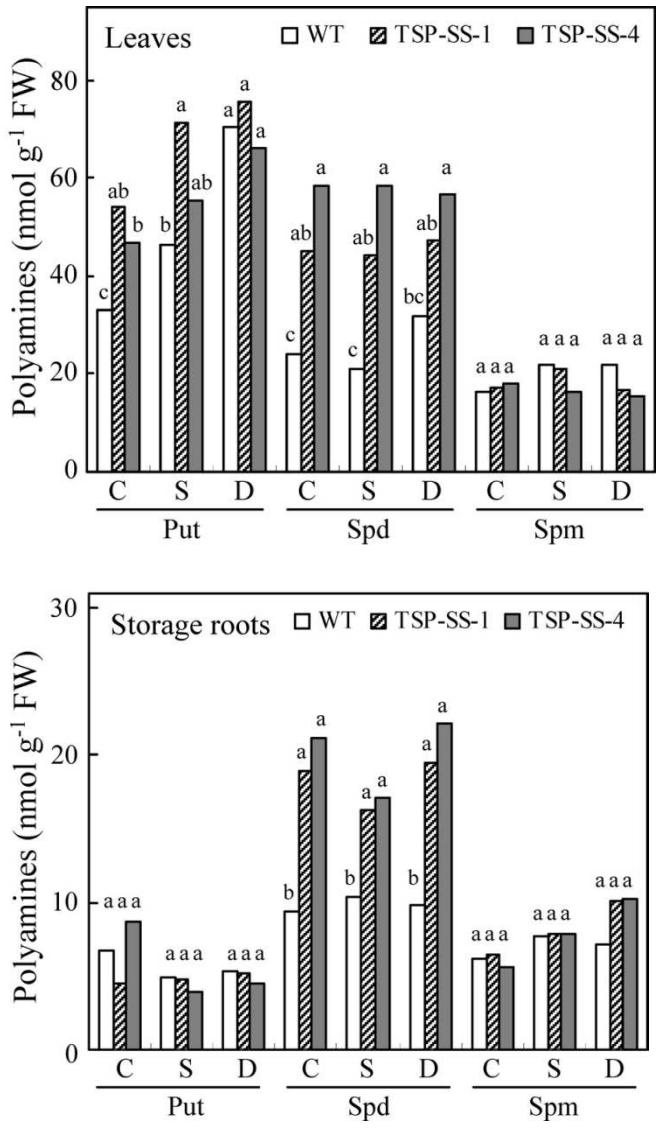

圖 12 導入 Polyamines 基因在甘藷莖葉及塊根之 Polyamines 含量

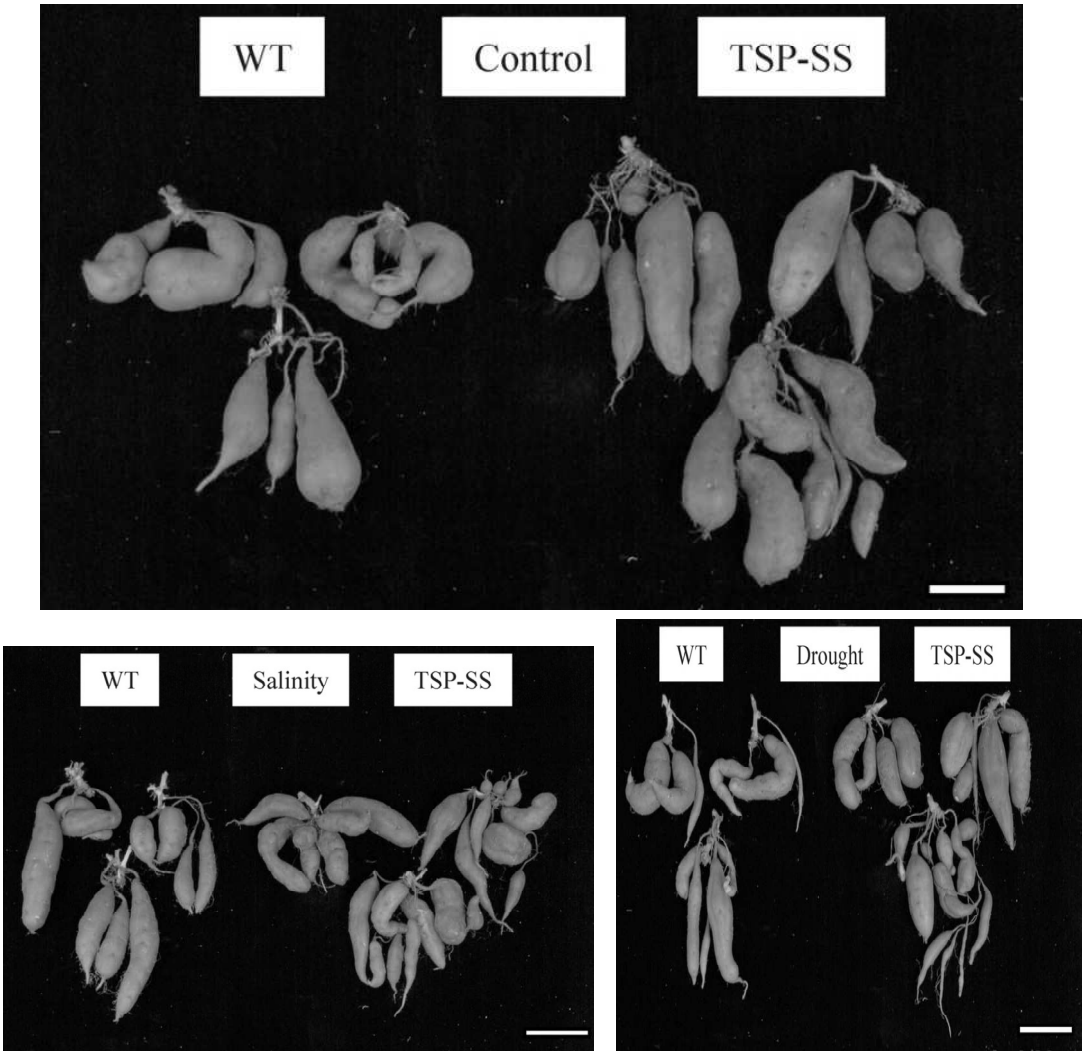

圖 13 導入 Polyamines 基因之甘藷品系之塊根

表 1　甘藷品種在乾旱及灌溉處理下之生育情形

品　　种	52—45		华北 117	
处　　理	干　旱	正　常	干　旱	正　常
茎叶鮮重(克)	33.6	121.1	71.5	128.5
分枝数	2.0	3.4	4.4	6.6
叶面积(平方厘米)	665.0	1906.0	1401.1	2054.2
最大薯粗(厘米)	0.30	3.01	0.42	0.61
結薯数	0.4	0.8	0.8	1.4
薯重(克)	0.19	8.35	0.59	1.04
生物产量(克)	3.86	16.90	7.09	13.92

表 2　甘藷品種在不同鹽分濃度下之光合速率、蒸散速率及水分利用率之表現情形

NaCl	徐薯 18			栗子香			胜利百号		
($mmol \cdot L^{-1}$)	Pn	Tr	WUE	Pn	Tr	WUE	Pn	Tr	WUE
0	7.48	1.74	4.30	8.64	1.80	4.80	6.62	1.83	3.63
85	5.03	1.21	4.16	4.54	1.20	3.78	3.45	1.09	3.17
170	2.90	0.70	4.14	2.98	0.78	3.82	2.25	0.69	3.26
255	1.60	0.48	3.33	1.56	0.49	3.18	0.98	0.41	2.39
340	-0.04	0.19	-0.21	-0.23	0.21	-1.10	-0.28	0.19	-1.47

注(Note):Pn(CO_2, $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$); Tr($H_2O$, $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$); WUE($CO_2$, $\mu mol \cdot mmol^{-1}$, H_2O).

表 3　嘉義地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**26,667	**25,556	**21,256	**26,811	**26,667	**20,978	30,556	2,589	3,544
	CCC	**26,256	* 27,778	**23,056	**26,256	28,333	**24,167		2,256	3,089
Tainan 18	SADH	**42,089	**39,589	**40,833	**42,367	**37,222	**37,089	49,722	4,122	5,656
	CCC	**38,756	**36,389	**37,367	* 43,056	**35,556	**39,311		5,333	7,311

表 4　屏東地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**43,611	**44,444	**42,500	**45,833	**46,389	**40,000	51,944	3,889	5,344
	CCC	**46,389	**46,111	**43,056	**45,833	**45,000	**42,500		3,978	5,456
Tainan 18	SADH	70,833	* 65,556	**64,722	68,889	**65,000	**62,222	75,556	7,556	10,356
	CCC	**62,778	**65,278	**61,111	* 67,222	68,889	**61,667		6,822	9,356

表 5　嘉義地區施用生長調節劑後之塊根生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**12,167	**12,389	**13,056	**12,811	**13,833	**15,944	10,422	1,177.78	1,611.11
	CCC	**14,811	**14,756	**14,944	**16,033	**14,833	**15,589		1.344.44	1,844.44
Tainan 18	SADH	** 4,111	** 4,000	** 4,644	* 3,756	** 4,278	** 3,944	3,056	577.78	800.00
	CCC	* 3,756	** 3,978	** 4,144	** 3,922	** 3,867	** 4,144		533.33	722.22

表 6　屏東地區施用生長調節劑後之莖葉生長情形

		Concentration and time applied						CK	Significant compared with CK	
		300 ppm			500 ppm					
		45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting	45 days after planting	75 days after planting	45 & 75 days after planting		*on 5% level	**on 1% level
Tainong 64	SADH	**18,200	**17,200	**18,867	**17,778	**17,589	**18,867	14,167	2,133.33	2,933.33
	CCC	**19,311	* 16,778	**19,056	15,333	16,111	**18,222		2,233.33	3,066.66
Tainan 18	SADH	** 5,667	** 5,333	** 6,278	** 6,389	** 5,444	** 5,833	4,444	766.67	822.22
	CCC	** 5,500	* 5,256	** 6,700	4,667	** 5,611	** 6,111		744.44	1,022.22

表 7　不同排水量對採收後塊根腐爛率之影響

Cultivar	Drawdown rate (cm/day)	Decay (%) Days after harvest 2	9	12	16	23
Centennial	5	1	15	25	42	54
	20	2	9	18	38	48
	35	0	9	29	51	60
	100	0	9	11	28	40
Julian	5	0	1	9	25	34
	20	0	2	6	24	27
	35	0	5	12	31	34
	100	0	2	12	21	31
NC 257	5	50	60	88	96	97
	20	41	68	78	85	89
	35	35	58	70	81	85
	100	6	15	31	43	54
LSD 5%		13	14	17	17	16

表 8　施用巴克素對甘藷對寒害之抵抗性

Temperature regime period	Oxidized glutathione (μ mole/g fw) Control period 24/20°C 0 h (day 0)	24/20°C 1 d (day 1)	Chilling period 7/7°C 1 d (day 2)	7/7°C 3 d (day 4)	7/7°C 5 d (day 6)	Recovery period 24/20°C 1 d (day 7)	24/20°C 3 d (day 8)
Variety/PBZ							
TN71/–P	0.35[x] A[y] d[z]	0.42 A cd	0.37 B d	0.61 B c	0.99 B b	1.24 C a	0.27 B d
TN71/+P	0.29 A c	0.29 AB c	0.72 A b	0.99 A b	1.43 A a	1.55 BC a	0.96 AB b
TN65/–P	0.11 B c	0.09 C c	0.32 B c	0.39 B c	1.13 AB b	2.01 B a	0.62 B c
TN65/+P	0.19 B d	0.20 BC d	0.39 B d	1.03 A cd	1.40 AB bc	3.00 A a	3.38 A b

[x] Each value was the mean of four replicates of each PBZ treatment or for each temperature time

[y] Among four PBZ treatments (column), means with same capital letters were not significantly different by the Duncan test at $P \leq 0.05$ with completely randomized design

[z] Among seven temperatures of each period (row), means with same small letters were not significantly different by the Duncan test at $P \leq 0.05$ with completely randomized design

–P: no paclobutrazol treated; +P: paclobutrazol pre-treated

表 9 各材料之抗旱系數、產量及乾物率比較

基因型 Genotypes	抗旱系数 Drought coefficient Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	抗旱系数 Drought coefficient	干物率（%） Dry matter content	小区平均产量（kg） Average yield of plot
y_6	0.44	0.36	0.24	0.35	30.1	9.28
y_2	0.87	0.45	0.81	0.71	36.9	1.99
y_{25}	0.61	0.23	0.36	0.40	38.4	2.39
紫张 17	0.1	0.27	0.23	0.20	37.4	2.69
丰收白	0.23	0.41	0.15	0.26	26.6	15.30

表 10　y_2、y_6 雜交 F1 代主要性狀表現

组　合 Cross	鲜薯产量 Fresh root wt				烘干率（%） Dry matter content		
	平均（g/株） Average	最高值（g/株） Maximum	杂种优势（%） Heterosis	变异系数（%） CV	平　均 Average	最高值 Maximum	中选率 Selection ratio
冀 21-2×y_2	520	1 650	31.6	78.1	26.9	34.8	7.3
y_6×冀 21-2	495	1 350	25.3	70.3	28.7	38.4	2.7
徐薯 18×y_6	405	1 700	−13.4	74.4	25.6	34.0	1.5
y_6×徐薯 18	305	875	−34.8	74.0	25.6	40.1	0
南丰×y_6	405	800	44.6	56.2	29.0	38.8	0
y_6×南丰	330	1 075	17.9	66.5	31.1	36.7	0
济 78066×y_6	275	1 325	−20.1	104.6	23.5	28.8	0
y_6×济 78066	265	925	−20.9	99.4	23.1	33.2	1.5
商 52-7×y_6	455	1 275	35.8	86.5	25.1	29.0	0
商 52-7×y_2	535	1 050	189.2	92.1	22.8	36.1	2.7
y_2×商 52-7	250	475	35.1	96.1	25.8	41.6	2.1
冀薯 4 号×y_2	305	825	5.2	77.8	26.3	34.0	3.7
徐 34-14×y_2	350	1 275	131.4	92.5	25.3	32.2	3.5

表 11　y_2、y_6 雜交 F2 代入選優良品系產量結果

品系号 Variety No.	鲜　薯 Fresh root		薯　干 Dry matter			淀　粉 Starch		
	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	干物率（%） Dry matter content	产量（kg/hm²）	较对照增产（%）	淀粉率（%） Starch ratio
17-71	43 884	13.4	12 067.5	17.2	27.5	7 705.5	18.6	17.56
17-78	45 669	18.0	12 741	23.7	27.9	8 128.5	25.1	17.80
17-4	44 241	14.3	13 051.5	26.7	29.5	8 538	31.4	19.30
17-88	48 879	26.3	12 463.5	21.0	25.5	7 737	19.1	15.83
17-79	40 317	4.2	13 023	26.5	32.3	8 764.5	34.9	21.74
15-75	51 021	31.8	12 807	24.4	25.1	7 897.5	21.6	15.48
7-13	43 536	12.5	11 929.5	15.8	27.4	7 609.5	17.1	17.48
ck	38 698.5	-	10 297.5	-	26.6	6 496.5	-	16.78

* 17 组合是冀 21-2×y_6，15 组合是徐薯 18×y_6，7 组合是徐 43-14×y_2。

表 12　誘變品系在不同鹽分濃度下之表現

NaCl conc. (mM)	Plantlet	Shoot length[a](mm)	Shoot fresh weight (g)	Chlorophyll content (mg/g)	Membrane permeability
50	ML1	34.2 ± 2.857 a	0.287 ± 0.035 ab	1.463 ± 0.110 ab	0.317 ± 0.019 ab
	ML2	34.6 ± 2.728 a	0.260 ± 0.051 ab	1.402 ± 0.112 ab	0.332 ± 0.029 ab
	ML3	35.0 ± 3.162 a	0.323 ± 0.057 a	1.591 ± 0.171 a	0.285 ± 0.028 b
	Control	35.4 ± 2.871 a	0.200 ± 0.039 b	1.288 ± 0.133 b	0.361 ± 0.051 a
100	ML1	14.6 ± 1.200 a	0.271 ± 0.038 ab	1.463 ± 0.110 ab	0.377 ± 0.018 b
	ML2	4.6 ± 2.245 a	0.246 ± 0.050 b	1.288 ± 0.112 b	0.389 ± 0.015 b
	ML3	16.4 ± 2.728 a	0.317 ± 0.057 a	1.505 ± 0.158 a	0.330 ± 0.036 c
	Control	11.2 ± 1.720 b	0.171 ± 0.042 c	1.076 ± 0.067 c	0.476 ± 0.021 a

[a] Value is mean ± SD

表 13　PEG6000 濃度對栗子香之懸浮細胞存活率之影響

PEG 浓度 Concentration (%)	处理 Treatment	处理细胞团数 Number of cell aggregates treated	1 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 1 week		2 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 2 weeks		3 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 3 weeks		4 周后存活细胞团 Cell aggregates surviving after 4 weeks	
			Number	(%)	Number	(%)	Number	(%)	Number	(%)
0	Ⅰ	62	62	100	62	100	62	100	62	100
	Ⅱ	77	77	100	77	100	77	100	77	100
	Ⅲ	72	72	100	72	100	72	100	72	100
20	Ⅰ	248	138	55.6	75	30.2	71	28.6	51	20.4
	Ⅱ	210	120	57.1	65	31.0	63	30.0	43	20.6
	Ⅲ	138	96	69.6	48	35.5	45	32.6	29	21.2
30	Ⅰ	301	148	49.1	65	21.6	55	18.3	0	0
	Ⅱ	259	107	41.3	66	25.1	60	23.2	0	0
	Ⅲ	330	131	39.7	63	19.1	53	16.1	0	0
32	Ⅰ	305	98	32.1	40	13.2	0	0	0	0
	Ⅱ	240	70	29.2	24	10.0	0	0	0	0
	Ⅲ	210	62	29.5	20	9.5	0	0	0	0

表 14　選拔品系之耐旱系數

系号 Line No.	小区 Plot			平均数 Mean	0.05 显著性 Significant at 0.05	0.01 显著性 Significant at 0.01
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ			
6	0.75	0.73	0.69	0.72	a	A
2	0.55	0.78	0.60	0.64	ab	AB
10	0.71	0.57	0.63	0.64	abc	AB
11	0.53	0.68	0.62	0.61	abcd	AB
8	0.61	0.48	0.37	0.49	bcde	BC
1	0.48	0.36	0.60	0.48	cde	BC
12	0.51	0.43	0.43	0.46	de	BC
7	0.48	0.50	0.35	0.44	e	BCD
9	0.30	0.48	0.37	0.38	ef	CD
CK	0.39	0.42	0.33	0.38	ef	CD
5	0.57	0.28	0.22	0.35	ef	CD
3	0.22	0.25	0.22	0.23	f	D

表 15　導入 Polyamines 基因之甘藷品系莖葉及塊根性狀之表現

	Plant	Growth condition		
		Control	Salinity	Drought
Fresh weight of vines (g plant^{-1})	WT	249.6 a	338.6 a	167.3 b
	TSP-SS-1	249.4 a	274.8 a	144.1 b
	TSP-SS-4	257.3 a	258.6 a	144.0 b
No. of storage roots per plant	WT	3.3 cd	4.0 c	2.7 d
	TSP-SS-1	5.0 ab	6.1 a	4.5 bc
	TSP-SS-4	5.0 ab	5.3 ab	4.0 c
Fresh weight of storage roots (g plant^{-1})	WT	324.0 a	237.1 c	111.3 d
	TSP-SS-1	348.9 a	284.0 b	139.1 d
	TSP-SS-4	338.2 a	284.3 b	127.2 d
Starch content in storage roots (%, w/w)	WT	15.0 b	16.7 ab	12.4 c
	TSP-SS-1	15.1 b	17.0 ab	15.2 b
	TSP-SS-4	15.7 b	17.5 a	17.1 ab
Starch yield (g/plant)	WT	48.6 a	39.6 b	13.8 d
	TSP-SS-1	52.7 a	48.3 a	21.1 c
	TSP-SS-4	53.1 a	49.8 a	21.8 c

Means with different letters are significantly different at $P<0.05$ by Turkey's multiple range test.